

Pengaruh Pola Rotasi Tanaman terhadap Perbaikan Sifat Tanah Sawah Irigasi

The Effect of Various Crop Rotation on the Improvement of Soil Properties of Irrigation Paddy Field

Agus Suprihatin dan Johannes Amirullah

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan, Jln. Kol. H. Burlian Km. 6 No, 83. Palembang.
E-mail: at33ns@yahoo.com

Diterima 14 September 2018, Direview 24 September 2018, Disetujui dimuat 4 Juli 2019, Direview oleh Umi Haryati dan Achmad Rachman

Abstrak. Penggenangan terus-menerus di lahan sawah akan berpengaruh terhadap keseimbangan kimia dan biologi tanah. Pergantian aerobik dan anaerobik di lahan sawah merupakan satu kontrol alami yang efektif mengendalikan keseimbangan biologi dan nonbiologi sehingga tanah sawah menjadi sehat dan tetap produktif. Penerapan rotasi tanaman antara tanaman padi dengan palawija maupun hortikultura merupakan salah alternatif yang bijak untuk tetap mempertahankan produktivitas dan kesuburan lahan, dan perekonomian petani. Penerapan rotasi tanam memiliki peranan terhadap beberapa aspek antara lain agronomi, ekonomi dan lingkungan. Pengelolaan lahan pertanian tanah sawah secara terus-menerus pada berbagai rotasi tanam dapat meningkatkan berat jenis tanah, dan persentase fraksi lempung dalam tanah sawah. Rotasi tanaman padi-palawija/hortikultura dapat memperbaiki struktur tanah melalui peningkatan nilai MWD. Penerapan rotasi tanaman secara terus-menerus berpengaruh nyata terhadap perubahan sifat kimia tanah seperti pH, N-total, P dan K-tersedia, KPK tanah, dan C-organik. Penerapan rotasi tanaman padi-jagung pada 1 – 2 tahun pertama memberikan kadar N-total tanah, NO_3^- dan DOC yang sangat tinggi. Penanaman jagung di musim kemarau pada rotasi tanaman padi-jagung dapat menyimpan air dan menekan pencucian hara, daripada penanaman padi-padi dalam jangka panjang. Pengembalian nutrisi nitrogen dalam rotasi tanaman dapat dilakukan melalui penanaman tanaman legum setelah penanaman tumbuhan sereal dan sejenisnya.

Kata Kunci: Legum / padi / rotasi tanam / sawah

Abstract. Continuous flooding in paddy fields will disrupt the biological and chemical balance of the soil. Substitution of aerobics and anaerobics in paddy fields is a natural control that effectively controls the biological and nonbiological balance so that the paddy fields become healthy and remain productive. Application of plant rotation between rice plants with crops and horticulture is a wise alternative to maintain the productivity and fertility of paddy field, and the economy of farmer. Application of rotation has a role to play on several aspects such as agronomy, economy and environment. Continuous management of paddy field on various rotations of cropping can increase bulk density, and the percentage of clay fraction in paddy soil. Rotation of rice-upland/horticulture can improve soil structure by increasing the value of MWD. Continuous application of crop rotation has a significant effect on changes in soil chemical properties such as pH, totalN, available P and K, CEC, and organic carbon. The application of rotation of rice-maize in the 1–2 years can give very high total N, NO_3^- and DOC levels. The planting of maize in the dry season on a rotation of rice-maize can store water and suppress nutrient leaching, rather than long-term rice-rice cultivation. Return of nitrogen nutrients in crop rotation can be done through planting legumes after planting cereals and the like.

Keywords: Legum / rice / crop rotation / paddy field

PENDAHULUAN

Luas lahan sawah di Indonesia saat ini sekitar 8,1 juta ha, terdiri atas lahan sawah irigasi sekitar 4,1 juta ha dan 4 juta ha sisanya berupa lahan sawah sub optimal yang terdiri atas lahan sawah irigasi sederhana seluas 1 juta ha, lahan sawah tadah hujan seluas 2 juta ha, dan lahan sawah rawa pasang surut, sawah rawa lebak seluas seluas 1 juta ha. Luas lahan sawah tersebut dari waktu ke waktu tidak mengalami penambahan luas yang signifikan (Mulyani *et al.* 2017). Oleh karena itu upaya untuk meningkatkan

produksi pangan dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan salah satunya melalui upaya intensifikasi.

Upaya intensifikasi budidaya padi di lahan sawah sangat diupayakan melalui peningkatan indeks pertanaman padi sawah dari lahan IP 200 menjadi IP 300, dan dari IP 300 menjadi IP 400. Namun demikian hal tersebut akan menimbulkan permasalahan pada kualitas lahan yang dikelola secara monokultur dan terus menerus. Mohanty dan Painuli (2004) menyatakan bahwa penggenangan lahan sawah yang terus-menerus dan pemberian pupuk kimia di lahan sawah akan menurunkan kualitas tanah seperti

hancurnya agregasi tanah dan penurunan bahan organik tanah, yang berdampak buruk pada pertanian berkelanjutan.

Penggenangan yang terus-menerus di lahan sawah akan menyebabkan terganggunya keseimbangan biologi dan kimia tanah. Kecurigaan munculnya fenomena yang mengindikasikan adanya degradasi tanah, khususnya tanah-tanah yang disawahkan telah dikemukakan oleh Adiningsih (1992). Pergantian aerobik dan anaerobik di lahan sawah merupakan satu kontrol alami yang efektif mengendalikan keseimbangan biologi dan nonbiologi sehingga tanah sawah menjadi sehat dan tetap produktif. Rotasi tanam sangat perlu untuk dilakukan karena beragamnya komoditi yang dikembangkan oleh petani sesuai dengan permintaan pasar. Lahan sawah irigasi yang pada musim kemarau yang tidak memperoleh debit aliran air irigasi akan diupayakan untuk dibudidayakan tanaman palawija ataupun hortikultura.

Rotasi tanaman merupakan salah satu praktek penting dalam sistem pertanian berkelanjutan yang dapat meningkatkan retensi air dan hara, menurunkan kebutuhan pupuk sintesis melalui penanaman tanaman kacang-kacangan (Christensen *et al.* 2012). Rotasi tanam antara tanaman padi dengan palawija maupun hortikultura merupakan salah alternatif yang bijak untuk tetap mempertahankan produktivitas dan kesuburan lahan, dan perekonomian petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rotasi tanaman padi dengan palawija dapat memperbaiki struktur tanah sawah (Chen *et al.* 2012). Struktur tanah yang baik akan memperbaiki drainase, mengurangi aliran permukaan (*run off*) dan meningkatkan ketersediaan air tanah. Rotasi tanaman dapat mengendalikan gulma dan serangan hama sehingga dapat menurunkan penggunaan pestisida kimia (Christensen *et al.* 2012).

ROTASI TANAM DI LAHAN SAWAH IRIGASI

Rotasi tanaman merupakan praktek penanaman berbagai jenis tanaman secara bergiliran di satu lahan. Rotasi tanam adalah pola tanam yang dilakukan secara bergilir dalam urutan waktu tertentu. Rotasi sering diterapkan petani untuk mencegah perkembangan hama dan penyakit, memelihara/memperbaiki kesuburan tanah (ketersediaan hara dan sifat-sifat fisik tanah) dan mengurangi erosi lahan, meningkatkan retensi air dan hara dan menurunkan kebutuhan pupuk kimia melalui penanaman tanaman legum,

mengendalikan gulma (Christensen *et al.* 2012), dan memperbaiki struktur tanah (Chen *et al.* 2012).

Rusastra *et al.* (2004) menjelaskan bahwa ketersediaan air yang cukup di lahan sawah irigasi sepanjang tahun, akan mendorong petani untuk bertanam padi terus-menerus (lima kali padi dalam dua tahun). Hal ini berdampak buruk terhadap perkembangan hama dan penyakit tanaman. Pola tanam yang dianjurkan oleh Basa dan Effendi (1981) adalah penanaman padi dua kali per tahun dengan menanam palawija pada musim tanam ketiga (kemarau). Hal ini dapat dilakukan dengan ketersediaan varietas unggul padi umur genjah dan cara tanam padi "*walik jerami*" tanpa olah tanah.

Kadar air lahan sawah irigasi akan mencapai 20 – 60% selama pertanaman padi. Partikel-partikel tanah mulai mengendap dan sebagian air diserap oleh akar tanaman. Oleh karena itu daya kohesi meningkat dan tanah menjadi padat. Penggenangan mulai dihentikan saat padi mulai tua. Tanah mulai mengering sehingga terjadi perubahan dari struktur lumpur, kemudian membentuk pasta dan memadat yang berstruktur masif. Pada fase pemeliharaan tanaman, pemberian air irigasi secara periodik yaitu penggenangan, kemudian air ditahan dalam petak dan dibiarkan hilang hanya melalui evapotranspirasi dan infiltrasi. Akibatnya terjadilah kondisi basah dan kering silih berganti secara periodik. Agus dan Irawan (2004) menyatakan bahwa pergantian aerobik dan anaerobik pada lahan sawah merupakan satu kontrol alami yang efektif mengendalikan keseimbangan biologi dan nonbiologi sehingga tanah sawah tidak sakit.

Penerapan rotasi tanam memiliki peranan terhadap beberapa aspek antara lain agronomi, ekonomi dan lingkungan. Rotasi tanam yang tepat dapat meningkatkan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, mengurangi degradasi tanah, dan dapat meningkatkan hasil panen sehingga keuntungan pertanian lebih besar dalam jangka panjang (Christensen *et al.* 2012). Manfaat dan keuntungan yang dapat dirasakan petani dalam menanam kedelai pada musim kemarau di lahan sawah, yaitu menambah kesuburan tanah, memudahkan pengolahan tanah, mengurangi gulma jahat, dan mengurangi risiko serangan hama pada tanaman padi (Sumarno dan Kartasmita 2010). Rotasi tanaman mencegah terakumulasinya patogen dan hama yang sering menyerang satu spesies saja. Rotasi tanaman juga meningkatkan kualitas struktur tanah dan

mempertahankan kesuburan dengan melakukan pergantian antara tanaman berakar dalam dengan tanaman berakar dangkal. Rotasi tanaman merupakan bagian dari polikultur.

Rotasi tanaman padi-padi-kedelai di China merupakan pola tanam yang dianjurkan. Pola tanam tersebut mampu memberikan seresah tanaman padi dan daun kedelai yang mampu memasok 4 t ha⁻¹ bahan organik, yang melalui proses humifikasi menghasilkan sekitar 1 t C-organik ha⁻¹ dalam tanah. Apabila jerami padi tidak diambil, jerami yang ditambah daun dan akar kedelai mampu menghasilkan 3 t C-organik ha⁻¹ dalam tanah. Di samping C-organik yang dihasilkan dari limbah tanaman dan akar, tanaman kedelai memiliki penyebaran perakaran yang dalam, sehingga mampu memperbaiki struktur, pelumpuran tanah, dan memperdalam lapisan olah tanah (Wen 1984).

PENGARUH ROTASI TANAMAN TERHADAP PERBAIKAN SIFAT TANAH SAWAH IRIGASI

Lahan sawah yang hampir selalu dalam keadaan tergenang akan menyebabkan semua hara lebih tersedia (dalam bentuk tereduksi). Nitrogen yang pada kondisi aerob diserap tanaman dalam bentuk nitrat, pada kondisi tergenang diserap dalam bentuk ion amonium (NH₄⁺). Penggenangan menyebabkan fosfat lebih tersedia, sehingga pemupukan fosfat pada padi sawah tidak penting pada padi gogo dan palawija. Penggenangan juga meningkatkan ketersediaan kalium, besi, mangan, dan silikon, serta besi fero (Fe²⁺). Kadar Fe²⁺ bahkan terkadang berlebihan, yang menyebabkan keracunan pada tanaman padi. Sebaliknya, ketersediaan belerang dan seng menurun. Penggenangan juga menekan pertumbuhan gulma. Setyorini dan Abdurachman (2008) menyatakan bahwa dalam keadaan tanah kering, gulma sering kali merupakan kendala produksi dan bersaing dengan tanaman padi dalam mendapatkan sinar matahari, air, CO₂, O₂ dan unsur hara.

Sifat Fisika Tanah

Sifat fisik tanah merupakan faktor yang bertanggung jawab terhadap pengangkutan udara, panas, air dan bahan terlarut dalam tanah. Sifat fisik tanah sangat bervariasi pada tanah tropis. Beberapa sifat fisik tanah dapat berubah dengan pengolahan seperti temperatur tanah, permeabilitas, kepekaan

terhadap aliran permukaan, dan erosi, kemampuan mengikat air dan menyuplai air untuk tanaman.

Tabel 1. Pengaruh rotasi tanam selama 9 tahun (2001–2010) terhadap berat jenis tanah pada lapisan olah (0 – 20 cm) (Chen *et al.* 2012)

Table 1. The effect of plant rotation for 9 years (2001 - 2010) on particle density in the top soil (0 – 20 cm) (Chen *et al.* 2012)

Tahun	2001	2010
Perlakuan	Bulk density (g cm ⁻³)	Bulk density (g cm ⁻³)
CK	1,17	1,20b
RP	1,21	1,39a
RR	1,12	1,26ab
RC	1,24	1,21b
ROM	1,11	1,21b
ROF	-	1,35a

Keterangan: huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji Tukey; ns = tidak beda nyata; * = nyata pada 5%; ** = sangat nyata pada 1%; CK = padi-bera; RR = padi-rumput rye; RP = padi-kentang diberi mulsa jerami; RC = padi-milk vetch Cina (polong-polongan); ROM = padi-oilseed rape (genus Brassica) diberi abu bakaran jerami sisa panen; ROF = padi-oilseed rape yang diberi jerami sebagai pupuk hijau saat pembungaan

Tabel 2. Pengaruh berbagai pola rotasi tanaman terhadap distribusi fraksi tanah dan struktur tanah di lahan sawah (Chen *et al.* 2012)

Table 2. The effect of various crop rotation on the distribution of soil fractions and soil structure in paddy fields (Chen *et al.* 2012)

Rotasi	Pasir (g kg ⁻¹)	Debu (g kg ⁻¹)	Liat (g kg ⁻¹)	MWD (mm)
CK	40,9b	650,9	300,0b	0,07b
RC	89,4a	574,5	336,1b	0,11a
RR	51,4b	559,2	389,4a	0,08b
RP	76,2a	586,2	337,5b	0,10a
ROM	54,6b	551,5	393,9a	0,08b
ROF	42,6b	531,4	426,0a	0,06b

Pengelolaan lahan pertanian tanah sawah secara terus-menerus pada berbagai rotasi tanam dapat meningkatkan berat jenis isi tanah, yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai berat jenis isi tanah pada

tahun 2010 dibandingkan dengan awal tahun penggunaan lahan pada tahun 2001 (Tabel 1). Berbagai pola rotasi tanam yang dilakukan selama 9 tahun (2001–2010) memperlihatkan perbedaan nyata pada distribusi fraksi pasir dan liat, dan diameter lebar rata-rata tanah. Rotasi tanaman padi-palawija/ hortikultura (RC dan RP) dapat meningkatnya berat jenis isi tanah mencapai 1,35 dan 1,39 g cm⁻³, dan memperbaiki struktur tanah pada perlakuan RC dan RP melalui peningkatan diameter rata-rata bongkah tanah atau *mean weight diameter* (MWD) (Tabel 2).

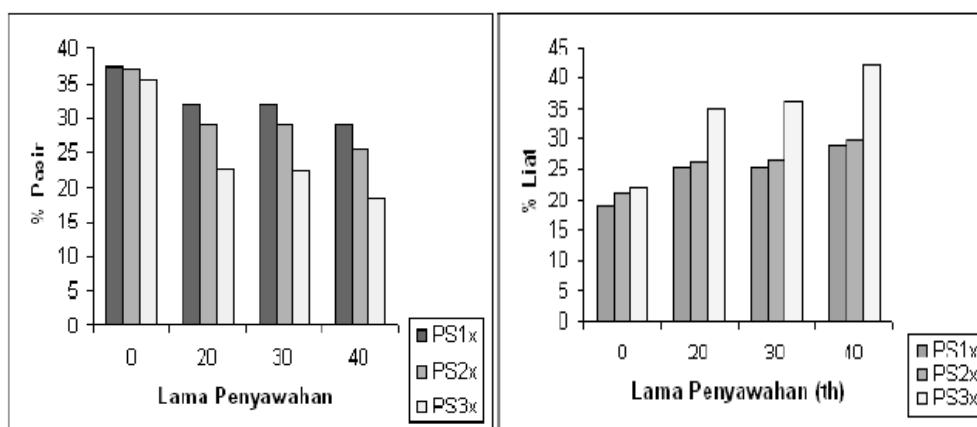
Pelumpuran akan menyebabkan pori kapiler bertambah 2 kali lipat, dengan demikian akan mengubah retensi dan transmisi air (Taylor 1972; Cheng 1983). Tanah yang bertekstur lempung berliat (*clay loam*) jika dilumpurkan akan mengalami perubahan distribusi ukuran pori tanah. Tanah tersebut jika dilumpurkan pori berukuran >30µm (pori makro) berkurang sampai 87%, pori berukuran 0,6 – 30 µm (pori kapiler) dan pori berukuran <0,6 µm (pori mikro) meningkat sekitar 7 – 52% (Sharma dan De Datta 1985). Pelumpuran menyebabkan pemadatan tanah dan menimbulkan penurunan kapasitas infiltrasi rata-rata 51% (Misak *et al.* 2002). Rata-rata permeabilitas dan perkolasi akan berkurang menjadi 1/3 sampai dengan 1/6 dari nilai aslinya setelah beberapa tahun secara terus menerus disawahkan (Mikklesen dan Patrick 1968).

Suasana redoks di lahan sawah akan menyebabkan berlangsungnya proses pelapukan

mineral yang disebut ferolisis. Menurut Brinkman (1970) pada suasana reduksi fero yang terbentuk akan mendesak kedudukan basa-basa lain seperti K, Na, Ca, dan Mg yang terdapat dalam kisi mineral. Sebaliknya pada saat kering fero akan teroksidasi menghasilkan feri dan ion hidrogen, dengan demikian aktivitas H⁺ tinggi, sehingga mineral liat akan mengalami hidrolisis dan selanjutnya terjadilah pelapukan mineral. Prasetyo dan Kasno (1998) menemukan bahwa hidratasi oksida Fe dan Mg silikat dan bahan organik terjadi pada lahan padi jika digenang dan proses hidratasi inilah yang memudahkan terjadinya pembengkakan tanah. Hasilnya adalah pengurangan gaya kohesi dalam agregat tanah dan mineral menjadi lebih lunak, mudah hancur atau terlarut serta akan mempermudah pelapukan mineral.

Lamanya waktu penggunaan lahan sawah sangat mempengaruhi persentase fraksi dalam tanah, mengarah pada perubahan tekstur tanah yang semakin halus. Semakin lama waktu penggunaan lahan sawah dan semakin intensif (PS3x) akan semakin meningkatkan persentase fraksi lempung dalam tanah sawah dibandingkan dengan penyawahkan selama 1 – 2 kali per tahun. Lahan pertanian yang disawahkan secara terus menerus dan dalam waktu yang lama maka kandungan fraksi liat cenderung meningkat sebesar 0,304% per tahun. Sedang pada tanah bukan sawah kandungan liat juga cenderung meningkat, tetapi peningkatannya lebih kecil (0,16% per tahun) (Sudaryanto 2009).

Kondisi yang dipersyaratkan untuk berlangsungnya proses ferolisis yaitu kondisi basah dan



Gambar 1. Hubungan antara % pasir (kiri) dan % lempung (kanan) dengan lama penyawahkan dan intensitas penggunaan lahan (Sudaryanto 2009)

Figure 1. The relation between percent of sand (left) and clay (right) with duration and intensity of rice field cultivation (Sudaryanto 2009)

kering yang bergantian sepanjang musim di lahan sawah. Oleh karena adanya ferolisis inilah maka dekomposisi mineral pada tanah sawah berlangsung lebih efektif dan akan membentuk liat. Perubahan ukuran partikel tanah menjadi lebih halus akan menurunkan porositas total tanah, dan kemudian diikuti perubahan sifat fisik yang lain seperti, peningkatan berat volume, penurunan permeabilitas, peningkatan retensi air dan penurunan transmisi air (Taylor 1972; Cheng 1983). Tanah yang sering dilumpurkan akan menyebabkan konduktifitas hirolik tanah jenuh dan perkolasi menurun (De Datta 1981; Gupta dan Janggi 1972).

Hasil penelitian Limbong *et al.* (2017) pada lahan sawah yang dirotasi tanaman semangka mendapatkan bahwa pemberian jerami padi sebanyak 5 ton/ha belum mampu memperbaiki sifat tanah (C-organik, *bulk density*, dan kadar air). Pemberian pupuk kandang kambing dapat memperbaiki sifat tanah (C-organik, *bulk density*, dan kadar air). Pemberian petroganik dapat memperbaiki sifat tanah (C-organik), namun tidak lebih baik dibandingkan pemberian pupuk kandang kambing.

Sifat Kimia Tanah

Penggunaan lahan sawah yang intensif secara terus menerus digenangi sepanjang tahun, dan penggunaan pupuk kimia akan merusak kualitas tanah sawah seperti kerusakan agregat tanah dan penggerusan bahan organik tanah, yang akan mengancam keberlanjutan pertanian (Boparai *et al.* 1992; Mohanty dan Painuli 2004). Parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas tanah yaitu pH, kandungan bahan organik tanah dan N-total (Gregorich *et al.* 1994; Doran dan Zeiss 2000). Parameter tersebut dapat menunjukkan kemampuan tanah mensuplai hara dan sebagai penyangga terhadap input bahan kimia (Campbell dan Zentner 1993).

Rotasi tanaman yang diterapkan selama 9 tahun (dari tahun 2001 – 2010) sangat berpengaruh nyata terhadap perubahan sifat kimia tanah di lahan sawah seperti pH, N-total, P dan K-tersedia, serta KPK tanah baik pada kedalaman 0 – 10 cm maupun 10 – 20 cm (Tabel 2). Demikian halnya dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa perbedaan rotasi tanam berpengaruh pada perbedaan kualitas

Tabel 3. Pengaruh berbagai pola rotasi tanaman terhadap parameter kimia tanah pada beberapa kedalaman tanah (Chen *et al.* 2012)

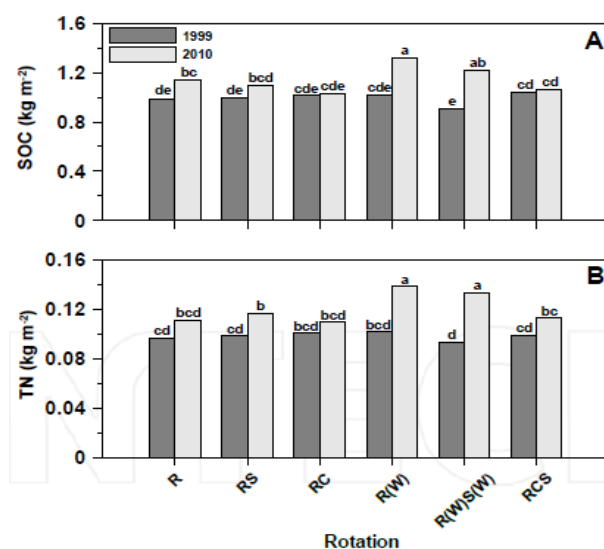
Table 3. The effect of various crop rotation on soil chemical parameters at some soil depths (Chen *et al.* 2012)

Depth	Rotation	pH (1 : 2.5 H ₂ O)	Total N (g/kg)	Total P (g/kg)	Available K (g/kg)	CEC (Cmol/kg)
0–10 cm	CK	5.78a	2.46b	0.53b	0.25b	10.73b
	RC	5.48b	2.92a	0.59b	0.28ab	12.23a
	ROF	5.21c	2.82a	0.70a	0.30a	10.97b
	ROM	5.64a	2.56b	0.59b	0.33a	11.92a
	RP	5.15c	2.96a	0.72a	0.31a	10.80b
	RR	5.40b	2.67b	0.67a	0.24b	11.23b
10–20 cm	CK	5.86b	2.36b	0.47	0.22b	10.26c
	RC	5.82b	2.61ab	0.49	0.23b	13.50a
	ROF	6.00a	2.52b	0.54	0.23b	11.41b
	ROM	5.96a	2.41b	0.48	0.30a	11.43b
	RP	5.84b	2.70a	0.53	0.25b	11.01b
	RR	5.89b	2.48b	0.54	0.21b	10.34c
Comparison of depth	0–10 cm	5.44b	2.73a	0.63a	0.29	11.31
	10–20 cm	5.90a	2.51b	0.51b	0.24	11.33
ANOVA	Rotation	**	**	**	**	**
	Depth	**	**	**	ns	ns
	R × D	*	*	*	**	**

Tabel 4. Pengaruh beberapa pola rotasi tanaman terhadap konsentrasi rata-rata dari N-total (TN), NO_3^- dan C-organik terlarut (DOC) pada kedalaman sampel tanah 60 cm di setiap musim tanam selama 4 tahun (He *et al.* 2017)

Table 4. The effect of several crop rotation on the average concentration of total N (TN), NO_3^- and dissolved organic C (DOC) at a soil sample depth of 60 cm in each growing season for 4 years (He *et al.* 2017)

Year	Crop manage	Dry season	Dry to wet	Wet season	Wet to dry
TN mg l^{-1}					
		$+$ ¹	$++$ ²		$++$
2012	M-MIX	$23.0 \pm 5.3 \text{ cB}^3$	–	$2.7 \pm 0.2 \text{ bB}$	$0.6 \pm 0.0 \text{ B}$
	R-WET	$0.4 \pm 0.1 \text{ abA}$	–	$0.9 \pm 0.1 \text{ aA}$	$0.1 \pm 0.0 \text{ A}$
2013	M-MIX	$1.8 \pm 0.3 \text{ bB}$	$7.4 \pm 1.0 \text{ B}$	$1.0 \pm 0.2 \text{ aA}$	$0.3 \pm 0.0 \text{ A}$
	R-WET	$0.2 \pm 0.03 \text{ aA}$	$4.1 \pm 1.5 \text{ A}$	$0.7 \pm 0.3 \text{ aA}$	$0.1 \pm 0.0 \text{ A}$
2014	M-MIX	$0.3 \pm 0.1 \text{ aA}$	$4.3 \pm 7.4^4 \text{ A}$	–	–
	R-WET	$0.1 \pm 0.02 \text{ aA}$	$3.3 \pm 0.8 \text{ A}$	–	–
2015	M-MIX	$1.2 \pm 0.6 \text{ abA}$	–	–	–
	R-WET	$1.9 \pm 0.7 \text{ bA}$	–	–	–
$\text{NO}_3^- \text{ mg N l}^{-1}$					
		$+$			
2012	M-MIX	$18.5 \pm 5.0 \text{ dB}$	–	$1.8 \pm 0.3 \text{ bB}$	$0.0 \pm 0.0 \text{ aA}$
	R-WET	$0.2 \pm 0.1 \text{ abA}$	–	$0.8 \pm 0.2 \text{ aA}$	$0.0 \pm 0.0 \text{ aA}$
2013	M-MIX	$2.8 \pm 0.4 \text{ cB}$	$0.4 \pm 0.1 \text{ A}$	$0.1 \pm 0.0 \text{ aA}$	$0.1 \pm 0.0 \text{ bA}$
	R-WET	$0.2 \pm 0.01 \text{ abA}$	$0.7 \pm 0.1 \text{ A}$	$0.1 \pm 0.0 \text{ aA}$	$0.1 \pm 0.0 \text{ abA}$
2014	M-MIX	$0.2 \pm 0.1 \text{ aA}$	$4.3 \pm 7.4^4 \text{ A}$	–	–
	R-WET	$0.1 \pm 0.01 \text{ aA}$	$3.3 \pm 0.9 \text{ A}$	–	–
2015	M-MIX	$1.0 \pm 0.4 \text{ bcA}$	–	–	–
	R-WET	$0.7 \pm 0.1 \text{ bA}$	–	–	–
DOC mg l^{-1}					
		$++$			
2012	M-MIX	$6.0 \pm 0.3 \text{ B}$	–	$3.9 \pm 0.2 \text{ bA}$	$3.7 \pm 0.7 \text{ A}$
	R-WET	$5.1 \pm 0.2 \text{ A}$	–	$4.2 \pm 0.2 \text{ bA}$	$2.8 \pm 0.2 \text{ A}$
2013	M-MIX	$3.6 \pm 0.3 \text{ A}$	$4.4 \pm 0.3 \text{ A}$	$2.5 \pm 0.1 \text{ aA}$	$2.5 \pm 0.0 \text{ A}$
	R-WET	$3.7 \pm 0.5 \text{ A}$	$6.9 \pm 1.6 \text{ A}$	$2.7 \pm 0.2 \text{ aA}$	$2.7 \pm 0.2 \text{ A}$
2014	M-MIX	$3.4 \pm 0.7 \text{ A}$	$1.4 \pm 2.4^4 \text{ A}$	–	–
	R-WET	$3.2 \pm 0.1 \text{ A}$	$3.8 \pm 0.2 \text{ A}$	–	–
2015	M-MIX	$4.6 \pm 0.2 \text{ A}$	–	–	–
	R-WET	$4.2 \pm 0.3 \text{ A}$	–	–	–



Keterangan : padi secara terus-menerus (R), padi-kedelai (S), padi-jagung (RC), padi-gandum (RW) pada musim dingin, padi-kedelai-padi-gandum (R(W)S(W)), padi-jagung-kedelai (RCS), Huruf-huruf yang sama pada atas bar tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Gambar 2. Pengaruh berbagai rotasi tanaman dan waktu terhadap C-organik (SOC) dan N-total (TN) pada kedalaman 10 cm (Motschenbacher *et al.* 2014)

Figure 2. The Effect of various crop rotations and time on soil organic C (SOC) and total N (TN) at a depth of 10 cm (Motschenbacher *et al.* 2014)

tanah (Halvorson 2002). Nilai pH tanah terlihat lebih tinggi pada kedalaman 10 – 20 cm daripada 0 – 10 cm, akan tetapi kadar N-total dan P-tersedia lebih tinggi pada kedalaman tanah 0 – 10 cm. Rotasi tanaman yang menerapkan tambahan sisa panen jerami (baik sebagai mulsa, arang maupun pupuk hijau jerami) pada perlakuan RP, ROF dan ROM selama 9 tahun memberikan nilai pH yang lebih kecil daripada perlakuan rotasi tanam CK, RC dan RR (tanpa penambahan sisa panen) (Tabel 2).

Penerapan rotasi tanaman padi-jagung pada tahun pertama menghasilkan drainase sebesar 606 l m⁻¹ yr⁻¹ dan pencucian N-total sebesar 6,8 g N m⁻² yr⁻¹, dan DOC sebesar 2,7 g m⁻² yr⁻¹. Nilai tersebut jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan rotasi tanaman padi-padi yaitu secara berurutan masing-masing sebesar 148 l m⁻² yr⁻¹; 0,1 g N m⁻² yr⁻¹; dan 0,7 g m⁻² yr⁻¹. Kehilangan tersebut akan semakin turun seiring dengan lamanya penerapan rotasi tanaman padi-jagung. Dua tahun terakhir pada musim kering dalam penelitian, menunjukkan bahwa kehilangan N melalui drainase dan pencucian, dan DOC lebih kecil pada rotasi tanaman padi-jagung daripada padi-padi. Rotasi tanaman padi-jagung pada tahun 2013 – 2015

menyimpan kehilangan air melalui perkolasi sebesar 388 l m⁻², dan menurunkan pencucian N dan DOC masing-masing sebesar 0,6 g m⁻² dan 1,6 g m⁻² dibandingkan dengan rotasi tanaman padi-padi. Oleh karena itu penanaman jagung di musim kemarau dapat menyimpan air dan menekan pencucian hara daripada penanaman padi-padi dalam jangka panjang (He *et al.* 2017).

Hasil penelitian Motschenbacher *et al.* (2014) memperlihatkan bahwa penerapan rotasi selama 11 tahun dengan pergiliran tanaman dilakukan setahun sekali dapat meningkatkan kadar C-organik tanah (SOC) secara nyata pada perlakuan rotasi tanam padi-padi, padi-kedelai, padi-gandum, dan padi-gandum-kedelai-gandum. Penerapan rotasi tanaman padi-gandum setelah 11 tahun pengelolaan lahan menghasilkan kadar SOC tertinggi yaitu sebesar 1,3 kg m⁻². Demikian halnya pada parameter N-total tanah (Gambar 2).

Sifat biologi tanah

Chen *et al.* (2012) telah meneliti sifat biologi tanah berdasarkan keragaman komunitas bakteri yang

Tabel 5. Pengaruh berbagai pola rotasi tanaman terhadap kadar bahan organik tanah (SOM), C-organik terlarut (DOC), dan mikroorganisme tanah (MBC) pada beberapa kedalaman (Chen *et al.* 2012)

Table 5. The effect of various crop rotation on soil organic matter (SOM), dissolved organic C (DOC), and soil microorganism (MBC) levels in several depths (Chen *et al.* 2012)

Rotation	SOM (g/kg)	DOC (g/kg)	MBC (g/kg)	SOM (g/kg)	DOC (mg/kg)	MBC (g/kg)
	0–10 cm			10–20 cm		
CK	21.6b	0.08b	0.76b	22.2ab	0.07b	0.64b
RC	25.8a	0.16a	1.08a	21.4b	0.13a	1.11a
ROF	20.3bc	0.15a	1.22a	16.6c	0.12a	1.08a
ROM	18.9c	0.09b	0.51b	17.1c	0.15a	0.44b
RP	23.7a	0.20a	0.57b	23.4a	0.08b	0.60b
RR	21.3b	0.19a	1.09a	18.6c	0.14a	1.04a
Comparison of depth						
0–10 cm	21.93a	0.15	0.87			
10–20 cm	19.88b	0.11	0.82			
ANOVA						
Rotation	**	**	**			
Depth	**	ns	ns			
R × D	**	**	**			

Keterangan: huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji Tukey; ns = tidak beda nyata; * = nyata pada 5%; ** = sangat nyata pada 1%; CK = padi-bera; RR = padi-rumput rye; RP = padi-kentang diberi mulsa jerami; RC = padi-milk vetch Cina (polong-polongan); ROM = padi-oilseed rape (oleifera) diberi arang jerami sisa panen; ROF = padi-oilseed rape yang diberi mulsa jerami saat pembungaan

dianalisa dengan *Terminal restriction fragment length polymorphism analysis* (T-RFLP) 16S rRNA. Keragaman komunitas bakteri tanah secara nyata dipengaruhi oleh jenis tanah, jenis tanaman, dan faktor lingkungan. Hasil dari uji UPGMA terhadap keragaman komunitas bakteri tanah pada perlakuan padi-bera dan padi-kentang masing-masing secara berurutan menghasilkan keragaman bakteri sebesar 62,5% dan 69,8% saat sebelum tanam, dan 71,3% dan 75,8% setelah tanam. Pertanaman yang dilakukan dari tahun 1982 – 2010 di tanah merah pada Lahan Percobaan *Key Qiyang County*-Provinsi Hunan pada rotasi tanam padi-padi-*milk vetch* (legum) memiliki komunitas bakteri di daerah perakaran padi jauh lebih banyak daripada rotasi tanam padi-padi-bera baik pada tingkat diversity maupun komposisi koloninya (Zhang 2013).

Berdasarkan Tabel 5. menunjukkan bahwa penerapan rotasi tanam padi-*vetch* susu Cina (RC) memiliki kadar bahan organik tanah, C-organik terlarut, dan mikroorganisme tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan padi-bera (CK). Elemen utama dari rotasi tanaman adalah pengembalian nutrisi nitrogen melalui tanaman legum setelah penanaman tumbuhan sereal dan sejenisnya. Penerapan rotasi tanam RC selama 9 tahun pengelolaan tanah juga tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar bahan organik tanah pada tahun awal (26,72 g kg⁻¹). Aplikasi arang jerami sisa panen secara nyata menurunkan kadar bahan organik tanah, C-organik terlarut dan mikroorganisme tanah..

KESIMPULAN

Pengelolaan lahan pertanian tanah sawah secara terus-menerus pada berbagai rotasi tanam dapat meningkatkan berat jenis tanah, dan persentase fraksi lempung dalam tanah sawah. Rotasi tanaman padi-palawija/hortikultura dapat memperbaiki struktur tanah melalui peningkatan nilai MWD. Penerapan rotasi tanaman secara terus-menerus berpengaruh nyata terhadap perubahan sifat kimia tanah seperti pH, N-total, P dan K-tersedia, KPK tanah, dan C-organik. Penerapan rotasi tanaman padi-jagung pada 1 – 2 tahun pertama memberikan kadar N-total tanah, NO₃⁻ dan DOC yang sangat tinggi. Penanaman jagung di musim kemarau pada rotasi tanaman padi-jagung dapat menyimpan air dan menekan pencucian hara, daripada penanaman padi-padi dalam jangka panjang.

Pengembalian nutrisi nitrogen dalam rotasi tanaman dapat dilakukan melalui penanaman tanaman legum (polong-polongan) setelah penanaman tumbuhan sereal dan sejenisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S. 1992. Peranan Efisiensi Penggunaan Pupuk Untuk Melestarikan Swasembada Pangan. Pidato pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Puslitanak, Badan Litbang Pertanian, Dept. Pertanian, Bogor.
- Agus F, Irawan. 2004. Alih Guna dan Aspek Lingkungan Lahan Sawah. Dalam Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Basa I, Effendi S. 1981. Hasil penelitian dan pengembangan pola tanam pada lahan basah. Lokakarya V : Pola Tanaman. Cibogo, 24 – 25 Februari 1981. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. Hal : 1 – 18.
- Boparai BS, Yadvinder-Singh, Sharma, BD. 1992. Effect of green manuring with *sesbania aculeata* on physical properties of soil and on growth of wheat in rice-wheat and maize-wheat cropping systems. *In* A Semiarid Region of India. Arid Soil Research & Rehabilitation. Vol. 6.No. 2.Pp : 135–143.
- Brinkman, R. 1970. Ferolysis, a hidromorphic soil forming process. *Geoderma* 3: 199 – 206.
- Campbell CA, Zentner RP. 1993. Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Science Society of America Journal* 57(4): 1034 – 1040.
- Chen S, Zheng X, Wang D, Chen L, Xu C, Zhang X. 2012. Effect of long-term paddy-upland yearly rotations on rice (*Oryza sativa*) yield, soil properties, and bacteria community diversity. *The Scientific World Journal* 2012: 1 – 11, doi:10.1100/2012/279641.
- Cheng YS. 1983. Drainage of paddy soils in Taihu lake region and its effects. *Soil Res.Rep.* 8.Inst. Soil Sci. Academia Sinica.Nanjing. China. Pp : 1–18.
- Christensen H, Becheva S, Meredith S, Ulmer K. 2012. Crop Rotation: Benefiting Farmers, The Environment and The Economy. [aprodev.eu/files/Trade/crop rotation briefing_pan_ifoam_aprodev_foec_fina.pdf](http://aprodev.eu/files/Trade/crop%20rotation%20briefing_pan_ifoam_aprodev_foec_fina.pdf) diunduh tanggal 1 September 2017.
- De Datta, SK. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons, New York. 618 p.
- Doran JW, Zeiss MR. 2000. Soil health and sustainability : managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15(1): 3 – 11.
- Gregorich EG, Monreal CM, Carter MR, Angers DA, Ellert BH. 1994. Towards a minimum data set to assess organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science* 74(4): 367 – 385.

- Gupta RK, Jaggi IK. 1979. Soil physical conditions and paddy yield as influenced by depth of puddling. *Journal Agronomy Crop Science* 148 : 329 – 336.
- Halvorson AD, Wienhold BJ, Black AL. 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal*. 66(3): 906 – 912.
- He Y, Lehnardt E, Amelung W, Wassmann R, Alberto MaC. 2017. Drainage and leaching losses of nitrogen and dissolved organic carbon after introducing maize into a continuous paddy-rice crop rotation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 249 (2017) 91 – 100, doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.021.
- Limbong WMM, Sabrina T, Lubis A. 2017. Perbaikan beberapa sifat fisika tanah sawah ditanami semangka melalui pemberian bahan organik. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, Vol. 5. No.1, Januari 2017 (20): 152-158
- Mikkelsen DS, Patrick Jr WH. 1968. Fertilizer use on rice. Pages 403-432. *In* Changing patterns in fertilizer use. *SoilSci. Soc. Am. Medison, Wisconsin*.
- Misak RF, Al Awadhi JM, Omar SA, Shahid A. 2002. Soil degradation et Area Kabd Norten-west Kuwait City. *Journal Land Degradation and Development* 13: 403 – 415.
- Mohanty M, Painuli DK. 2004. Land preparatory tillage effect on soil physical environment and growth and yield of rice in a Vertisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 51(3): 223 – 228.
- Motschenbacher JM, Brye KR, Anders MM, Gbur EE, Slaton NA, Evans-White MA. 2014. Long-Term Crop Rotation, Tillage, and Fertility Effects on Soil Carbon and Nitrogen in Dry-Seeded, Delayed-Flood Rice Production Systems. *Intech*. <http://www.intechopen.com/books/co2-sequestration-and-valorization>. Chapter 5. Pp: 129 – 156. <http://dx.doi.org/10.5772/57064>.
- Mulyani A, Nursyamsi D, Syakir M. 2017. Strategi pemanfaatan sumberdaya lahan untuk pencapaian swasembada beras berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol 11 No.1, Juli 2017 : 11-22.
- Prasetyo BH, Kasno A. 1998. Sifat morfologi, komposisi mineral dan fisika-kimia tanah sawah irigasi di Propinsi Lampung. *Jurnal Tanah Tropika* 6 (12): 155 – 168.
- Rusastra IW, Saliem HP, Supriati, Saptana. 2004. Prospek pengembangan pola tanam dan diversifikasi tanaman pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 22(1): 37 – 53.
- Setyorini D, Abdulrachman S. 2008. Pengelolaan hara mineral tanaman padi. *Dalam* Padi-Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan Buku I. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal : 109 – 148. Diunduh tanggal 14 September 2017.
- Sharma PK, De Datta SK. 1985. Effectsof puddling on soil physical properties leaching losses and growth and grain yield of lowland rice. *Soil Sci. Soc. A.J.*
- Sudaryanto R. 2009. Penyawahan terus menerus memacu percepatan pelapukan tanah. *Sains Tanah, Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 6 (1): 35 – 42.
- Sumarno, Kartasmita UG. 2010. Analisis Kelayakan Penggunaan Pupuk Organik Sebagai Substitusi 25% Pupuk Anorganik pada Padi Sawah. Laporan Hasil Penelitian Analisis Kebijakan Teknis 2010. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Taylor HM. 1972. Effect of drying on water ritention of a puddled soil. *Soil Sci. Sco. Am, Proc.* 36:972 – 973.
- Wen QX. 1984. Utilization of organic materials in rice production in China. *In*: Organic matter and rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. Pp : 45 – 56.
- Zhang XX, Gao JS, Cao YH, Ma XT, He JZ. 2013. Long-term rice and green manure rotation alters the endophytic bacterial communities of the rice root. *Microbial Ecology* 66(4): 917 – 926, <http://www.jstor.org/stable/23597823>.